パワー半導体における個々の界面準位の多次元計測技術の開発

杉本　宜昭

東京大学　新領域創成科学研究科

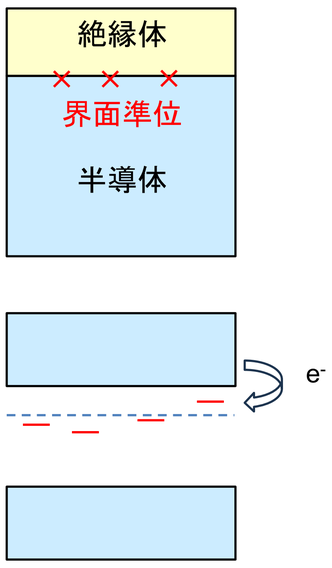
界面準位の分析

界面欠陥は、次世代パワー半導体の性能を制限している。本研究では、個々の欠陥を解析するためのナノスケール測定技術を開発した。

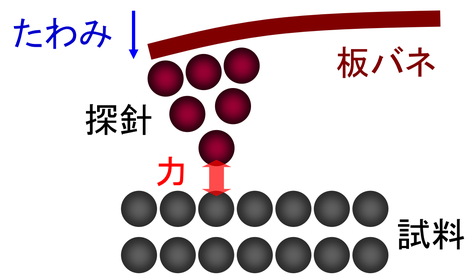
1. 空間分解能　~1 nm
   → 界面準位密度、分布

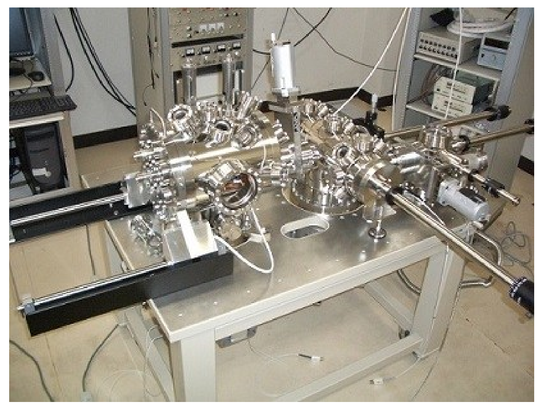
2. エネルギー分解能 ~1 meV
   → エネルギー準位

3. 時間分解能 10 ns < τ < 1 μs
   → 緩和時間

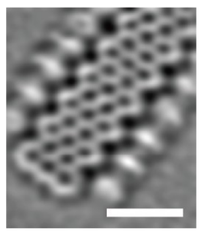


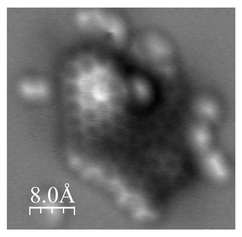
原子間力顕微鏡

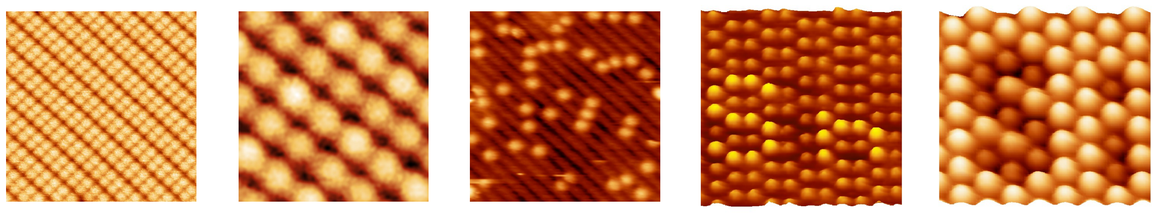




超高真空 (~10^{-11} Torr)
室温 (23 °C)
レーザー干渉方式変位検出計
→ 力感度 ~ 1 pN

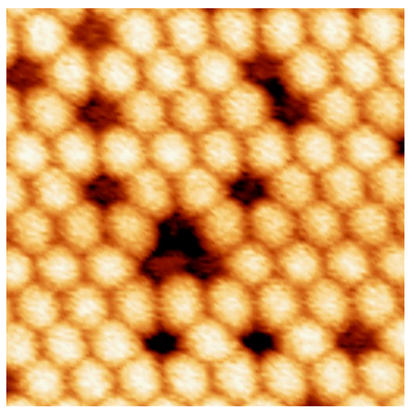




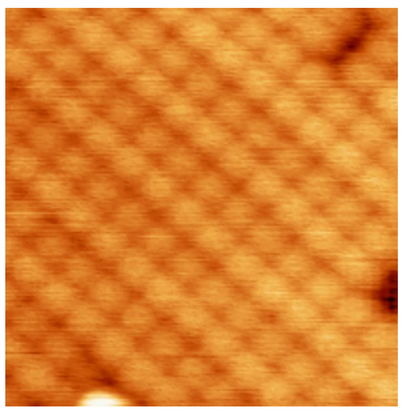


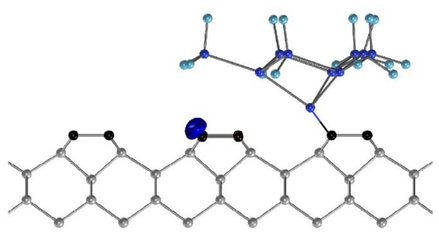
表面の高分解能観察

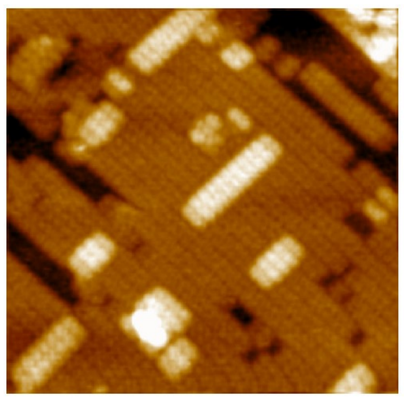
SiC



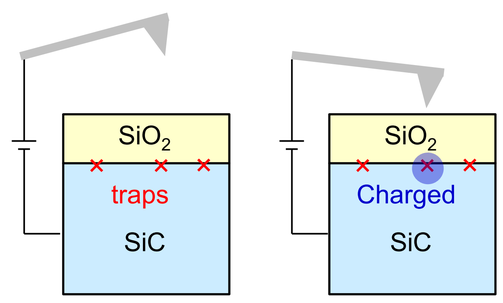
ダイヤモンド





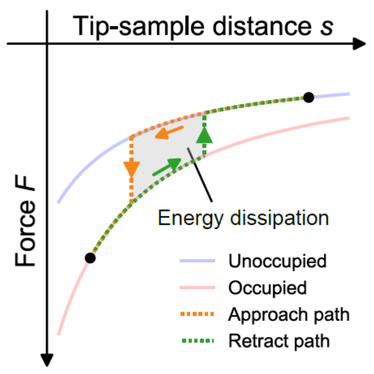


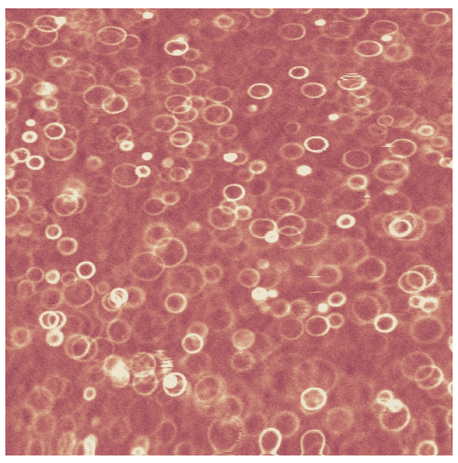
個々の界面準位の可視化



4H-SiC エピ膜
N type, N_D~10^{16} cm^{-3}

5nm SiO_2
NO/N_2 による直接酸化[3]

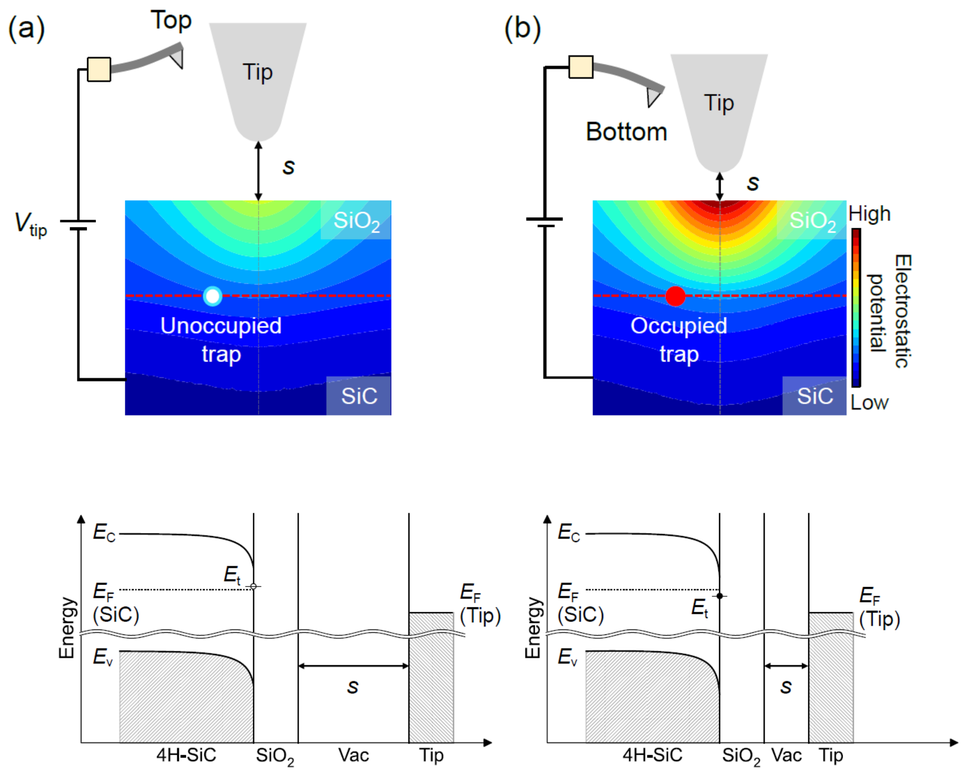




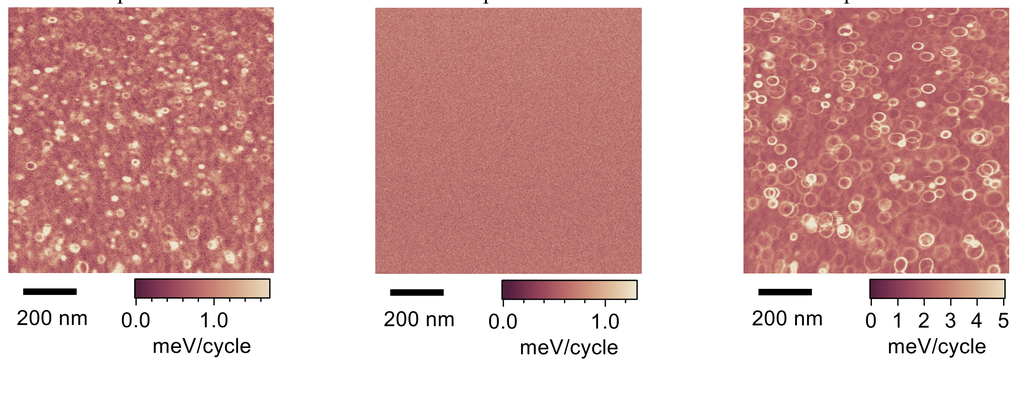
1 μm

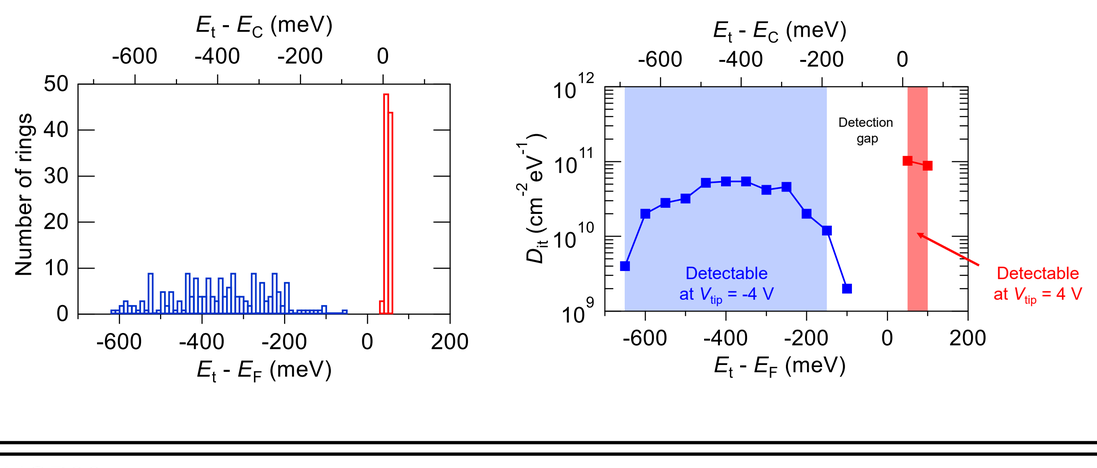
エネルギー準位

Far　　Close



界面準位のエネルギー分布





References

[1] Y. Uchida, A. Tamura and K. Kita, Jpn. J. Appl. Phys. **65** (2026) 11SP06.
[2] R. Zhang, Y. Yasui, M. Fukuda, M. Ogura, T. Makino, D. Takeuchi, T. Ozaki, and Y. Sugimoto, Phys. Rev. Research **7** (2015) 023036.
[3] R. Zhang, Y. Yasui, M. Fukuda, T. Ozaki, M. Ogura, T. Makino, D. Takeuchi, and Y. Sugimoto, Nano Lett. **25** (2025) 1101.
[4] T. Ono, M. Ohashi, T. Shigeno, Y. Uchida, Y. Yasui, K. Kita and Y. Sugimoto, arXiv: 2605.27041.